

不同镍钛弓丝对拔牙和非拔牙矫治患者正畸排齐效率和疼痛感知程度的影响

宋吉玉¹, 张 祎¹, 任庆源², 聂瑾涵¹, 胡 敏¹, 齐慧川¹

(1. 吉林大学口腔医院正畸科, 吉林 长春 130021; 2. 南方医科大学口腔医院番禺院区正畸科, 广东 广州 510013)

[摘要] **目的:** 探讨应用低摩擦自锁托槽的拔牙和非拔牙矫治患者中超弹性镍钛弓丝 (SENT) 与热激活镍钛弓丝 (HANT) 对下前牙初期排齐效率和患者疼痛程度的影响, 为正畸临床中最适弓丝的选择提供依据。**方法:** 将80例接受固定正畸治疗并应用自锁托槽的40例拔牙矫治患者 (拔牙矫治组) 和40例非拔牙矫治患者 (非拔牙矫治组) 随机分配到SENT亚组和HANT亚组, 由同一名操作者将0.014英寸平直弓丝完全入槽。患者、操作者和数据测量人员均实行盲法。观察各组患者初始弓丝的临床排齐效率并计算患者Little's指数, 记录各组患者在初粘矫治器4h后及矫治第1周的每天早饭前视觉模拟量表 (VAS) 评分和疼痛感知情况, 对患者初始Little's指数、性别和年龄进行多元回归分析, 分析影响患者疼痛的影响因素。**结果:** 拔牙矫治组和非拔牙矫治组患者年龄、性别和初始Little's指数比较差异无统计学意义 ($P>0.05$)。治疗4周后, 非拔牙矫治组中HANT和SENT亚组患者的Little's指数均较治疗前降低, 但组间比较差异无统计学意义 ($P>0.05$); 与非拔牙矫治组中SENT亚组比较, 非拔牙矫治组中HANT亚组患者Little's指数降低 ($P<0.05$); 拔牙矫治组中HANT和SENT亚组患者治疗前后的Little's指数比较差异无统计学意义 ($P>0.05$)。患者初粘矫治器后的疼痛感在第1天达到峰值, 随后逐渐降低至基础水平; 在拔牙矫治组和非拔牙矫治组患者中, SENT和HANT亚组患者表现出相同的疼痛变化模式; SENT和HANT亚组患者各时间点VAS评分平均值和最高疼痛强度评分比较差异均无统计学意义 ($P>0.05$)。弓丝类型对疼痛程度无明显影响, 时间明显影响患者的疼痛程度。多元回归分析, 拔牙矫治组患者初始Little's指数与VAS最高评分间有明显相关性 ($b=0.359, P=0.033$), 性别和年龄均不会对2组患者疼痛程度产生影响。**结论:** 应用低摩擦自锁托槽正畸治疗时, 非拔牙矫治组患者使用0.014英寸HANT弓丝的初始排齐效率优于0.014英寸SENT弓丝; SENT弓丝和HANT弓丝对正畸患者初始疼痛程度无影响。

[关键词] 镍钛弓丝; 排齐效率; 正畸疼痛; 自锁托槽; Little's指数

[中图分类号] R783.5 **[文献标志码]** A

Effects of different nickel-titanium archwires on orthodontic alignment efficiency and pain perception of patients with extraction orthodontic treatment and non-extraction orthodontic treatment

SONG Jiyu¹, ZHANG Yi¹, REN Qingyuan², NIE Jinhan¹, HU Min¹, QI Huichuan¹

(1. Department of Orthodontics, Stomatology Hospital, Jilin University, Changchun 130021, China;

[收稿日期] 2024-04-06

[基金项目] 国家自然科学基金青年科学基金项目 (82100956); 吉林省科技厅自然科学基金项目 (YDZJ202301ZYTS432)

[作者简介] 宋吉玉 (1994—), 女, 吉林省白山市人, 主治医师, 主要从事口腔正畸生物学方面的研究。

[通信作者] 齐慧川, 讲师, 主治医师 (E-mail: qihuichuan@jlu.edu.cn)

2. Department of Orthodontics, Panyu Campus, Stomatology Hospital, Southern Medical University, Guangdong 510013, China)

ABSTRACT Objective: To discuss the effects of superelastic nickel-titanium archwires (SENT) and heat-activated nickel-titanium archwires (HANT) on the initial alignment efficiency of mandibular anterior teeth and pain levels of the patients with extraction orthodontic treatment and non-extraction orthodontic treatment by using low-friction self-ligating brackets, and to provide the basis for the selection of the most suitable archwire in orthodontic clinical practice. **Methods:** Eighty patients underwent fixed orthodontic treatment with self-ligating brackets were randomly assigned to SENT or HANT subgroups, and there were 40 patients in extraction orthodontic treatment group and 40 patients in non-extraction orthodontic treatment group. A single operator fully engaged a 0.014-inch straight archwire into the brackets. The patients, operators, and data measurers were all blinded; the initial clinical alignment efficiency of the archwires of the patients in various groups was observed, and the Little's index was calculated; the visual analog scale (VAS) scores and pain perception of the patients in various groups were recorded 4 h after initial bonding of the appliances and every day before breakfast during the first week of orthodontic treatment; multivariate regression analysis was performed for the initial Little's index, gender, and age, and the influence factors of pain in the patients was analyzed. **Results:** There were no significant differences in age, gender, and initial Little's index among the patients in extraction group and non-extraction group ($P > 0.05$). Compared with before treatment, the Little's indexes of the patients in both HANT and SENT subgroups in non-extraction orthodontic treatment group were decreased 4 weeks after treatment, but the difference between groups was not significant ($P > 0.05$). Compared with SENT subgroup in non-extraction orthodontic treatment group, the Little's index of the patients in HANT subgroup was decreased ($P < 0.05$). In extraction orthodontic treatment group, there were no significant differences in Little's indexes of the patients between the HANT and SENT subgroups before and after treatment ($P > 0.05$). The pain perception peaked on the first day after initial bonding and gradually decreased to baseline levels. The patients in SENT and HANT subgroups in both extraction and non-extraction orthodontic treatment groups showed the similar patterns of pain change. There were no significant differences in the average VAS scores and maximum pain intensity scores between the patients in SENT and HANT subgroups at different time points ($P > 0.05$). The type of archwire had no significant effect on the degree of pain, while time significantly affected the degree of pain. The multivariate regression analysis results showed a significant correlation between initial Little's index and maximum VAS scores of the patients in extraction orthodontic treatment group ($b = 0.359, P = 0.033$). Gender and age did not affect the degree of pain of the patients in either group. **Conclusion:** When applying low-friction self-ligating brackets for orthodontic treatment, the initial alignment efficiency with 0.014-inch HANT archwires is superior to 0.014-inch SENT archwires in non-extraction treatment group, while both archwires show the same efficiency in extraction patients. SENT and HANT archwires do not affect the initial degrees of pain of the orthodontic patients.

KEYWORDS NiTi archwires; Alignment efficiency; Orthodontic pain; Self-ligating brackets; Little's index

在正畸固定矫治过程中, 弓丝形变产生的矫治力通过矫治器作用于牙齿并传递至牙周组织, 引发组织改建, 实现牙齿移动。轻柔而持续的矫治力是生理性牙齿移动的基础, 矫治力过大将引发牙周萎缩和牙根吸收等不良反应^[1], 并增加患者的疼痛

感^[2]。在矫治初期, 前牙区(特别是下前牙区)的拥挤和牙齿扭转常较为明显, 弓丝形变较大, 可能导致局部矫治力增加, 患者疼痛感明显。因此, 在矫治初期选择适合的初始弓丝和施加持续轻力至关重要。

目前国内外应用最为广泛的初始弓丝是超弹性镍钛弓丝 (superelastic NiTi, SENT) 和热激活镍钛弓丝 (heat-activated NiTi, HANT), 其载荷-挠度曲线斜率均较为平缓, 提示在一定的牙齿移动范围内, 无论弓丝形变量大小, 均可以对牙齿施加一个相对恒定的矫治力^[3]。在压力或温度变化条件下, 镍钛弓丝内具有体心立方晶体结构的马氏体和奥氏体之间可以相互转换, 因此SENT具有较低的弹性模量和较大的弹性范围, 由于铜元素的增加, HANT同时具有超弹性和形状记忆功能^[4]。体外研究^[5]结果显示: 与相同直径和挠度的SENT弓丝比较, HANT弓丝施加的矫治力更加轻柔且持续, 在理论上更适合作为初始弓丝使用。但在临床实践中, HANT弓丝作为初始弓丝在牙齿排齐效率和疼痛感产生方面的优势尚存争议^[6-7]。

以往对于HANT弓丝排齐效率和患者疼痛感方面的研究主要集中于传统非自锁托槽系统^[6, 8-9], 在目前应用广泛的自锁托槽 (低摩擦力学系统) 中尚未见报道。本课题组前期研究^[10]显示: 与传统托槽比较, 应用低摩擦自锁托槽的正畸治疗周期平均缩短2.06个月。自锁托槽可消除传统结扎造成的操作偏差, 其低摩擦的特性可减小牙齿移动所需力值, 进而对排齐效率和患者疼痛感产生影响。此外, 大部分既往研究^[8-9]未明确区分患者是否进行拔牙矫治。在牙齿排齐过程中, 牙齿的移动方向与牙弓中是否存在拔牙间隙有密切关联。在非拔牙矫治时, 前牙拥挤可通过适量唇倾或牙弓扩宽解决; 在拔牙矫治时, 前牙可向拔牙间隙移动以改善拥挤。因此, 初始弓丝的排齐效率在拔牙或非拔牙病例中可能存在差异。

本研究在低摩擦力学系统下对比拔牙组和非拔牙组患者HANT弓丝及SENT弓丝的初期排齐效率和导致的疼痛程度, 为正畸临床中最适初始弓丝的选择提供依据。

1 资料与方法

1.1 研究对象和分组 本研究采用随机、双盲、前瞻性临床试验方法, 收集2023年9月—12月在吉林大学口腔医院接受固定矫治的正畸患者临床资料, 本研究已通过吉林大学口腔医院伦理委员会批准, 伦理审批号: 2023年口腔审第(22)号。纳入标准: 全部恒牙已完全萌出, 牙齿硬组织无严重缺陷; 非拔牙矫治或为解决突度而拔除4颗第一前磨牙; 下前牙轻度拥挤 ($2\text{ mm} < \text{不齐指数} < 6\text{ mm}$,

下牙列无散在间隙; 无严重牙齿扭转, 0.014英寸的初始弓丝可完全入槽; 治疗过程不涉及其他正畸装置。排除标准: 有正畸或者正颌治疗史者; 有牙周疾病或者全身系统性疾病者; 有影响疼痛的药物服用史者。

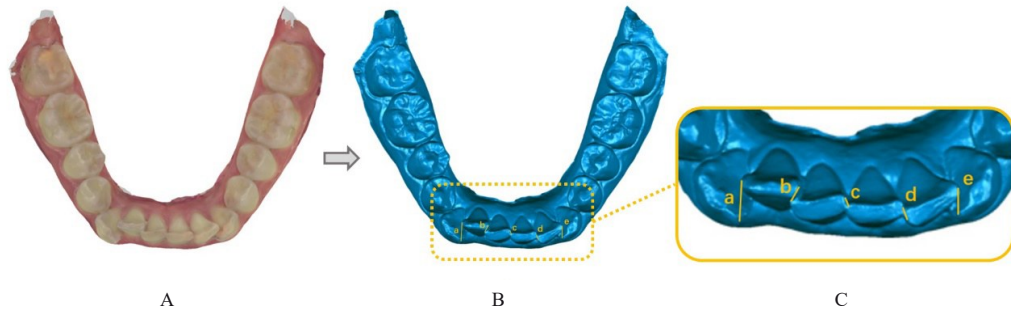
样本量计算参考以往研究^[7], 以2组患者间不齐指数改变量均值为1 mm (临床效应大小), 标准差为0.86 mm, 检验水准 $\alpha=0.05$, 检验效能 $(1-\beta)=0.9$, 组间样本量比例为1:1, 样本量计算公式: $n = \frac{(Z_{\alpha} + Z_{\beta})^2 * 2\sigma^2}{\delta^2}$, 考虑20%失访率,

根据样本量计算公式, 最终考虑每组纳入20例 (共80例)。在进行临床试验前, 首先采用计算机随机数生成器 (<http://www.graphpad.com/quickcalcs/randomn2.cfm>) 随机将1~40的编号分别分配给需要拔牙的患者 (拔牙矫治组) 和无需拔牙的患者 (非拔牙矫治组) 中的SENT或HANT亚组 (每组20例)。根据随机编号的组别, 将0.014英寸SENT弓丝 (美国3M Unitek公司) 或0.014英寸HANT弓丝 (美国3M Unitek公司) 装入不透明信封 (SENT弓丝和HANT弓丝外观相同), 仅在信封表面标记相应编号 (不体现弓丝分组)。符合纳入标准的患者在3个月内陆续进入本研究, 拔牙矫治患者需在全部4颗第一前磨牙拔除后2周 (标准的最短愈合时间) 开始治疗, 以排除拔牙引起的疼痛对结果的影响。

1.2 治疗方法和观察指标 根据患者进入本研究的顺序获得编号, 操作者打开相应编号的信封, 采用其中的弓丝为患者治疗, 接下来由同一名操作者为患者粘结0.022×0.028英寸自锁托槽 (美国3M Unitek公司)。随后在不应用“摇椅弓”及末端回弯的情况下将指定的平直弓丝完全入槽, 此时临床操作人员和患者均不知晓患者弓丝分组情况。观察各组患者初始弓丝的临床排齐效率和初戴矫治器的疼痛感知程度。初始弓丝的临床排齐效率: 在初诊时 (粘结矫治器前) 和第一次复诊时 (4周后) 分别采用数字化口内3D扫描仪 (美国Align Technology公司) 进行口内扫描。由一名对患者使用弓丝情况不知情的操作者采用3Shape OrthoAnalyzer (丹麦3Shape公司) 为得到的数字化模型确定咬合平面, 随后测量下前牙相邻解剖接触点间平行于咬合平面的线性距离, 计算其总和即Little's指数^[10] (图1)。为减少随机测量误差, 重复测量2次, 并记录2次测量的平均值。弓丝的临

床排齐效率=患者初诊时(粘结矫治器前) Little's 指数-第一次复诊时(4周后) Little's 指数, 初戴矫治器的疼痛感知程度: 所有入组患者在初粘矫治器 4 h 后及矫治第 1 周每天早饭前填写视觉模拟量表 (Visual Analog Scale, VAS) 疼痛评分量表以记录疼痛感知情况^[11]。问卷调查内容包括疼痛程

度、口内创伤、矫治器破损、服用药物和在此期间发生的全身性疾病情况。患者需在与当时疼痛程度最相符处进行标记, 并在 4 周后首次复诊时交回填写完整的问卷。在所有患者资料收集完毕并完成测量后, 由专门人员进行统计分析时揭露患者分组情况。



A: Intraoral scanning diagram; B: Digital model diagram; C: Little's index measurement diagram. Little's irregularity index= $a+b+c+d+e$.

图 1 Little's 指数测量图

Fig. 1 Measurement diagrams of Little's index

1.3 统计学分析 采用 SPSS 26.0 统计软件进行统计学分析。采用 Shapiro-Wilk test 检验所有连续性数据均服从正态分布, 以 $\bar{x} \pm s$ 表示。拔牙矫治组和非拔牙矫治组不同亚组患者的年龄及初始 Little's 指数采用独立样本 *t* 检验比较, 拔牙矫治组和非拔牙矫治组中不同亚组患者的性别分布比较采用 χ^2 检验, 2 组患者弓丝排齐效率比较采用单因素方差分析 (ANOVA), VAS 评分与患者年龄、性别和初始 Little's 指数间的相关性分析采用多元线

性回归分析。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 患者初始资料评估 本研究共纳入患者 80 例, 其中 6 例患者因托槽脱落且未在 24 h 内重新粘接而退出试验, 3 例患者因复诊不及时而被排除试验。对剩余 71 例患者进行 CONSORT 流程图分析 (图 2)。拔牙矫治组和非拔牙矫治组患者年龄、性别和初始 Little's 指数比较差异无统计学意义 ($P > 0.05$), 组间具有均衡性 (表 1)。

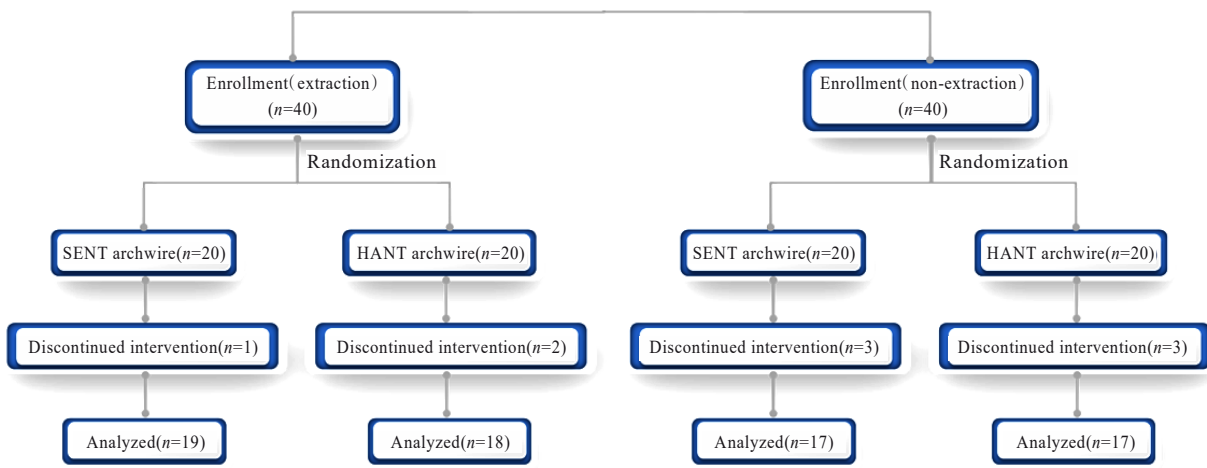


图 2 CONSORT 流程图

Fig. 2 CONSORT flow diagram

表1 拔牙矫治组和非拔牙矫治组患者临床资料

Tab. 1 Clinical data of patients in extraction orthodontic treatment group and non-extraction orthodontic treatment group

Group	<i>n</i>	Age(year)	Male/Female	Little's index (<i>l/mm</i>)
Extraction orthodontic treatment				
SENT	19	17.47±5.66	3/16	4.31±1.11
HANT	18	15.17±4.37	2/16	4.36±0.97
Non-extraction orthodontic treatment				
SENT	17	14.12±1.45	5/12	4.06±0.87
HANT	17	13.47±1.70	8/9	4.26±1.14

2.2 SENT亚组 and HANT亚组患者前牙排齐效率

治疗4周后,非拔牙矫治组中HANT和SENT亚组患者的Little's指数均较治疗前降低,但组间比较差异无统计学意义($P>0.05$);治疗4周后,与非拔牙矫治组中SENT亚组比较,非拔牙矫治组中HANT亚组患者Little's指数降低($P<0.05$);拔牙矫治组中HANT和SENT亚组患者治疗前后的Little's指数比较差异均无统计学意义($P>0.05$)。见表2。

2.3 SENT亚组 and HANT亚组患者初始疼痛情况

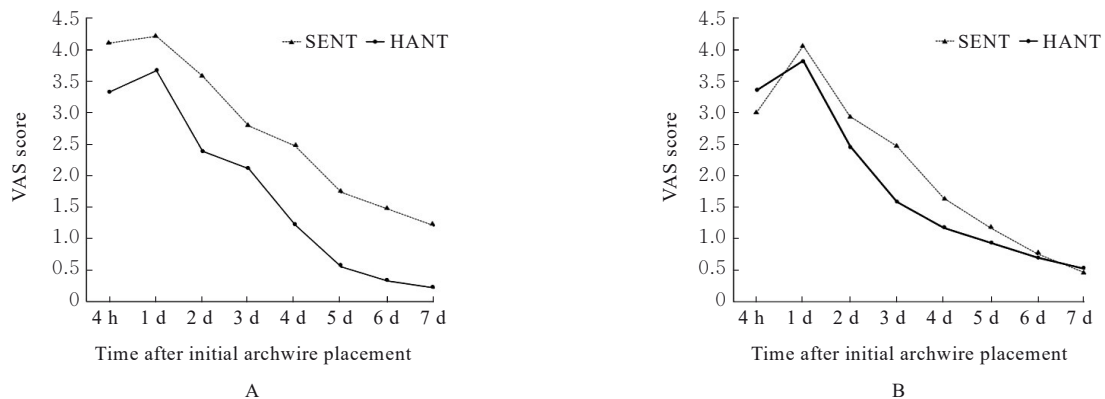
VAS评分结果显示:患者初粘矫治器后的疼痛感在第1天达到峰值,随后逐渐降低至基础水平;在拔牙矫治组和非拔牙矫治组患者中,SENT和HANT亚组患者表现出相同的疼痛变化模式(图3);SENT和HANT亚组患者各时间点VAS评分平均值和最高疼痛强度评分比较差异均无统计学意义($P>0.05$)。见表3。

表2 SENT和HANT组患者前牙排齐效率

Tab. 2 Alignment efficiency of anterior teeth of patients in SENT and HANT groups

($\bar{x}\pm s, l/mm$)

Group	<i>n</i>	Little's index	
		Before treatment	4 weeks after treatment
Extraction orthodontic treatment			
SENT	19	4.31±1.11	1.84±0.57
HANT	18	4.36±0.97	1.80±0.87
Non-extraction orthodontic treatment			
SENT	17	4.06±0.87	1.99±0.88
HANT	17	4.26±1.14	1.84±0.79*

* $P<0.05$ vs SENT sub group in non-extraction orthodontic treatment group.

A: Extraction orthodontic treatment group; B: Non-extraction orthodontic treatment group.

图3 拔牙矫治组和非拔牙矫治组中SENT与HANT亚组患者弓丝初戴1周时VAS评分

Fig. 3 VAS scores of patients in SENT and HANT subgroups in extraction orthodontic treatment and non-extraction orthodontic treatment groups 1 week after initial archwire placement

表3 拔牙矫治组和非拔牙矫治组中SENT与HANT亚组患者每日疼痛评分均值和最高疼痛强度评分

Tab. 3 Mean daily pain scores and highest pain intensity scores of patients in SENT and HANT subgroups in extraction orthodontic treatment and non-extraction orthodontic treatment groups

Group	n	VAS score								VAS _{max} score
		4 h	1 d	2 d	3 d	4 d	5 d	6 d	7 d	
Extraction orthodontic treatment										
SENT	19	4.11±2.69	4.21±2.72	3.58±2.29	2.78±2.15	2.47±2.22	1.74±2.18	1.47±1.95	1.21±1.62	5.11±2.62
HANT	18	3.33±2.33	3.66±2.11	2.39±1.75	2.11±1.68	1.22±1.59	0.56±1.09	0.33±0.77	0.22±0.65	4.56±2.01
Non-extraction orthodontic treatment										
SENT	17	3.00±2.26	4.06±2.49	2.94±2.04	2.47±1.74	1.65±1.77	1.17±1.43	0.76±0.90	0.47±0.72	4.88±1.87
HANT	17	3.35±2.26	3.82±1.91	2.47±1.66	1.59±1.54	1.18±1.42	0.94±1.25	0.71±1.26	0.53±1.07	4.82±1.67

重复测量方差分析结果显示：弓丝类型对疼痛的感知，即随着时间延长，疼痛程度逐渐减弱。程度无明显影响，而时间本身则明显影响患者对疼痛的感知。见表4。

表4 重复测量方差分析

Tab. 4 Repeated measurement analysis of variance

Group	Source	Type III sum of squares	df	Mean square	F	P
Extraction orthodontic treatment	Time	411.258	2.570	160.014	33.778	<0.001
	Archwires type	69.318	1.000	69.318	3.712	0.062
	Time vs archwires type	4.691	2.570	1.825	0.385	0.733
Non-extraction orthodontic treatment	Time	364.085	7.000	52.012	26.279	<0.001
	Archwires type	4.004	1.000	4.004	0.467	0.499
	Time vs archwires type	8.437	2.882	12.928	0.609	0.604

对患者初始 Little's 指数、性别和年龄进行多元回归分析结果显示：拔牙矫治组患者初始 Little's 指数与 VAS 最高评分间有明显相关性 ($b=0.359$, $P=0.033$)，2组中患者性别和年龄均不会对疼痛程度产生影响。本研究排除了初始弓丝类型(即 SENT 或 HANT)、患者性别和年龄对疼痛程度的影响，并证实初始 Little's 指数和时间可视为患者初粘矫治器后疼痛程度的影响因素。见表5。

3 讨论

口腔正畸矫治器与矫治技术随着科技的飞速发展不断进步，包括方丝弓矫治器、直丝弓矫治器和舌侧矫治器在内的固定矫治器与新兴的无托槽隐形矫治器都是目前常用的错殆畸形治疗装置。与固定矫治比较，无托槽隐形矫治在牙齿的伸长、颊舌向移动和咬合调整等方面存在局限^[12-13]，且治疗周期(特别是拔牙矫治周期)较长^[14]，对患者配合程度要求更高^[15]，患者经济负担较大。因此，尽

表5 影响疼痛因素的多元回归分析

Tab. 5 Multivariate regression analysis on factors affecting pain

Group	b	t	SE	P
Extraction orthodontic treatment				
Little's index (mm)	0.359	2.230	0.364	0.033
Age	-1.770	-1.093	0.074	0.282
Gender	0.019	0.113	1.100	0.911
Non-extraction orthodontic treatment				
Little's index (mm)	0.253	1.362	0.324	0.183
Age	0.010	0.056	0.197	0.956
Gender	0.173	0.947	0.646	0.351

管隐形矫治技术日益成熟，固定矫治技术仍在当前占据主导地位。初始弓丝是在粘结正畸固定矫治器后使用的第一根弓丝，主要通过传递轻柔而持续的力来纠正牙列拥挤和牙齿扭转。从早期的正畸多股麻花丝和普通镍钛弓丝(无超弹性)发展到目前常用的超弹镍钛丝(具有超弹性)和热激活镍钛丝

(具有超弹性和形状记忆功能), 矫治效率及患者舒适度均明显提高^[2, 9]。本研究分别在应用低摩擦自锁托槽的拔牙和非拔牙矫治患者中对比 SENT 弓丝与 HANT 弓丝对下前牙初期排齐效率和患者疼痛程度的影响, 从最大程度上消除操作者弓丝结扎强度不均及拔牙间隙的干扰, 弥补以往研究的不足。

Little's 指数可以评估牙列拥挤度, 已被广泛应用于牙列拥挤排齐的标准化研究^[16], 但其对严重的牙齿扭转和轴向倾斜的评估敏感性较差。据此, 本研究排除了严重牙齿扭转的患者并保证 0.014 英寸的实验性弓丝能完全入槽以克服其局限性。对于 Little's 指数的测量和计算, 本研究采用 3D 口扫模型的数字化测量, 因此有效简化工作流程, 节省操作时间, 并明显提升了测量的精确性和可信度^[17]。口腔数字化扫描也避免了藻酸盐印模制取时正畸托槽可能引起的脱模误差, 保证了模型的准确性^[18]。与手持模型不同, 数字化模型测量 Little's 指数可在精准确定咬合平面的前提下进行, 从而记录接触点间平行于咬合平面的线性距离, 减少选择接触点的主观性并避免传统模型测量时卡尺移位的误差^[19]。此前通过 Little's 指数评估初始弓丝排齐效率的各项研究由于采用不同的纳入标准、托槽系统和测量方法因而难以进行精确比较并得出结论。最近发布的干预性评价^[20]指出: 与 HANT 弓丝比较, SENT 弓丝可能导致排齐时间延长且疼痛强度增加。在使用传统托槽的非拔牙患者中, 排齐阶段连续采用 HANT 弓丝能比传统镍钛弓丝更快纠正下颌前牙的拥挤^[9], 而应用 0.014 英寸的 A-镍钛弓丝和 0.016 英寸的 HANT 弓丝 1 个月后的排齐效率无明显差异^[8], 且 HANT 和 SENT 弓丝对非拔牙患者和拔牙患者的排齐效果不同, 提示在正畸治疗过程中可根据矫治方案(非拔牙矫治或拔牙矫治)选择初始弓丝, 以加速排齐并缩短治疗时间。在前牙排齐效率^[6]和疼痛感^[7]方面无明显差异。此外, 在使用传统托槽的患者中, 0.014 英寸 HANT 和 0.014 英寸 SENT 弓丝在 16 周后的排齐效率无明显差异, 但该研究^[21]未明确在纳入标准中区分拔牙或非拔牙病例。由于拔牙矫治可能会影响弓丝的偏转和前牙移动的方向, 因此有必要分别评估拔牙或非拔牙矫治患者的排齐效率^[22]。对于矫治器的选择, 传统托槽中使用的结扎丝或结扎圈可能导致作用于每颗牙齿上的力值发生偏差, 并明显增大摩擦力。在传统托槽中结扎 HANT 弓丝可

能限制弓丝充分发挥出轻柔而恒定的作用力, 这可能是以往研究中排齐效率无显著差异的原因之一。本研究结果显示: 在低摩擦自锁系统中, 非拔牙患者使用 HANT 弓丝 4 周后的排齐效率明显高于 SENT 弓丝, 提示在自锁系统中 HANT 弓丝施加的轻柔矫治力更有利于牙齿移动; 相反, 在拔牙患者中未见明显差异, 可能由于 2 种弓丝在拔牙间隙处的形变均较小。在上述情况下, 弓丝的挠度未达到载荷-挠度曲线中的平台区, 因此弓丝的弹性未得到充分表达。

正畸初期的疼痛感被认为是阻碍患者寻求正畸治疗的一个重要因素^[23]。疼痛可能受诸多因素的影响, 如矫治力的强度和持续时间、患者的年龄和性别、初期拥挤程度等^[24]。在正畸治疗过程中, 施加轻力可尽量减少组织损伤和随之而来的不适^[25]。为比较 SENT 和 HANT 弓丝在正畸治疗第 1 周对患者疼痛感的影响, 本研究采用 VAS 评分对患者的疼痛程度进行评估, 这是目前正畸治疗中最常用的疼痛评估方法^[26]。本研究中 2 组患者均未服用镇痛剂, 消除了药物对正畸疼痛评估的干扰。2 组患者的正畸疼痛感均在初粘矫治器后第 1 天上午达到高峰, 随后逐渐降低, 与此前报道^[11]的疼痛模式相吻合。该疼痛程度的规律变化与正畸生物力学反应有密切关联。在施加正畸矫治力 1 h 后, 患者的白细胞介素 1 β (interleukin-1 β , IL-1 β) 表达水平明显升高, 24 h 后达到峰值, 随后在 1 周至 1 个月期间降至基线水平; 而 IL-1 β 又可进一步诱导痛觉相关促炎介质的分泌, 在正畸疼痛的产生中发挥重要作用^[27-28]。由于疼痛是一种主观感受, 除受到弓丝施加矫治力大小的影响, 还可能与患者年龄和性别等因素相关。本研究未发现 SENT 和 HANT 弓丝对患者每日平均疼痛评分的影响, 且年龄及性别与患者疼痛感之间亦无明显相关性, 与之前的研究^[10]结果一致。但也有研究^[29]显示: 与男性患者比较, 女性患者的疼痛感更强, 使用的止痛药也更多, 但上述差异也可能主要源于样本性别的不平衡。此外, 本研究还指出了初始 Little's 指数与患者疼痛感有相关性。前牙不齐的程度会影响弓丝的形变, 从而进一步影响施加在牙齿上的力值大小, IL-1 β 水平会随着力值的增加而增大, 进而导致正畸痛觉加重^[28, 30]。上述结果为正畸临床中初始弓丝的选择提供了依据。

综上所述, 在应用低摩擦自锁托槽进行正畸治

疗时, 非拔牙矫治患者使用0.014英寸热激活镍钛弓丝的初始排齐效率优于0.014英寸超弹性镍钛弓丝; 而在拔牙患者中两者未见明显差异。热激活镍钛弓丝和超弹性镍钛弓丝对正畸患者初始疼痛程度的影响无明显差异。

利益冲突声明:

所有作者声明不存在利益冲突。

作者贡献声明:

宋吉玉参与文献检索和论文撰写, 宋吉玉、张祎、任庆源和聂瑾涵参与数据收集及分析, 张祎和胡敏参与研究结果分析及讨论, 齐慧川参与论文写作指导和审校。

[参考文献]

- [1] YASSIR Y A, MCINTYRE G T, BEARN D R. Orthodontic treatment and root resorption: an overview of systematic reviews[J]. *Eur J Orthod*, 2021, 43(4): 442-456.
- [2] SANDHU S S, SANDHU J. A randomized clinical trial investigating pain associated with superelastic nickel-titanium and multistranded stainless steel archwires during the initial leveling and aligning phase of orthodontic treatment[J]. *J Orthod*, 2013, 40(4): 276-285.
- [3] BRANTLEY W A. Evolution, clinical applications, and prospects of nickel-titanium alloys for orthodontic purposes[J]. *J World Fed Orthod*, 2020, 9(3S): S19-S26.
- [4] SPINI T S, VALARELLI F P, CANÇADO R H, et al. Transition temperature range of thermally activated nickel-titanium archwires[J]. *J Appl Oral Sci*, 2014, 22(2): 109-117.
- [5] LOMBARDO L, MARAFIOTI M, STEFANONI F, et al. Load deflection characteristics and force level of nickel titanium initial archwires [J]. *Angle Orthod*, 2012, 82(3): 507-521.
- [6] KEERTHANA P, CHITRA P. Alleviation of lower anterior crowding with super- elastic and heat-activated NiTi wires: a prospective clinical trial [J]. *Turk J Orthod*, 2021, 34(2): 127-135.
- [7] NABBAT S A, YASSIR Y A. A clinical comparison of the effectiveness of two types of orthodontic aligning archwire materials: a multicentre randomized clinical trial[J]. *Eur J Orthod*, 2020, 42(6): 626-634.
- [8] MAHMOUDZADEH M, FARHADIAN M, ALIJANI S, et al. Clinical comparison of two initial arch wires (A-NiTi and Heat Activated NiTi) for amount of tooth alignment and perception of pain: a randomized clinical trial[J]. *Int Orthod*, 2018, 16(1): 60-72.
- [9] SERAFIM C M, GURGEL J D, TIAGO C M, et al. Clinical efficiency of two sequences of orthodontic wires to correct crowding of the lower anterior teeth [J]. *Sci World J*, 2015, 2015: 690280.
- [10] MACHIBYA F M, BAO X F, ZHAO L H, et al. Treatment time, outcome, and anchorage loss comparisons of self-ligating and conventional brackets[J]. *Angle Orthod*, 2013, 83(2): 280-285.
- [11] ABDELRAHMAN R S, AL-NIMRI K S, MAAITAH E FAL. Pain experience during initial alignment with three types of nickel-titanium archwires: a prospective clinical trial [J]. *Angle Orthod*, 2015, 85(6): 1021-1026.
- [12] KASSAM S K, STOOPS F R. Are clear aligners as effective as conventional fixed appliances? [J]. *Evid Based Dent*, 2020, 21(1): 30-31.
- [13] ROSSINI G, PARRINI S, CASTROFLORIO T, et al. Efficacy of clear aligners in controlling orthodontic tooth movement: a systematic review [J]. *Angle Orthod*, 2015, 85(5): 881-889.
- [14] JABER S T, HAJEER M Y, SULTAN K. Treatment effectiveness of clear aligners in correcting complicated and severe malocclusion cases compared to fixed orthodontic appliances: a systematic review[J]. *Cureus*, 2023, 15(4): e38311.
- [15] KE Y Y, ZHU Y F, ZHU M. A comparison of treatment effectiveness between clear aligner and fixed appliance therapies [J]. *BMC Oral Health*, 2019, 19(1): 24.
- [16] LITTLE R M. The irregularity index: a quantitative score of mandibular anterior alignment [J]. *Am J Orthod*, 1975, 68(5): 554-563.
- [17] KONG L, LI Y B, LIU Z J. Digital versus conventional full-arch impressions in linear and 3D accuracy: a systematic review and meta-analysis of *in vivo* studies[J]. *Clin Oral Investig*, 2022, 26(9): 5625-5642.
- [18] KANG S J, KEE Y J, LEE K C. Effect of the presence of orthodontic brackets on intraoral scans [J]. *Angle Orthod*, 2021, 91(1): 98-104.
- [19] DOWLING A H, BURNS A, MACAULEY D, et al. Can the intra-examiner variability of Little's Irregularity Index be improved using 3D digital models of study casts?[J]. *J Dent*, 2013, 41(12): 1271-1280.
- [20] LIU C, WEI Z, JIAN F, et al. Initial arch wires used in orthodontic treatment with fixed appliances[J]. *Cochrane Database Syst Rev*, 2024, 2(2): CD007859.
- [21] ABDELRAHMAN R S, AL-NIMRI K S,

- MAAITAH E FAL. A clinical comparison of three aligning archwires in terms of alignment efficiency: a prospective clinical trial[J]. *Angle Orthod*, 2015, 85(3): 434-439.
- [22] SEBASTIAN B, ABRAHAM M E, SARMA P S, et al. Alignment efficiency of coaxial tubular superelastic nickel-titanium vs single-stranded superelastic nickel-titanium in relieving mandibular anterior crowding in extraction cases: a single-centre randomized controlled clinical trial[J]. *Orthod Craniofac Res*, 2019, 22(2): 105-111.
- [23] BANERJEE S, BANERJEE R, SHENOY U, et al. Effect of orthodontic pain on quality of life of patients undergoing orthodontic treatment[J]. *Indian J Dent Res*, 2018, 29(1): 4.
- [24] MARQUES L S, PAIVA S M, VIEIRA-ANDRADE R G, et al. Discomfort associated with fixed orthodontic appliances: determinant factors and influence on quality of life[J]. *Dental Press J Orthod*, 2014, 19(3): 102-107.
- [25] MARKOVIĆ E, FERCEC J, ŠĆEPAN I, et al. The correlation between pain perception among patients with six different orthodontic archwires and the degree of dental crowding[J]. *Srp Arh Celok Lek*, 2015, 143(3/4): 134-140.
- [26] HJERMSTAD M J, FAYERS P M, HAUGEN D F, et al. Studies comparing Numerical Rating Scales, Verbal Rating Scales, and Visual Analogue Scales for assessment of pain intensity in adults: a systematic literature review[J]. *J Pain Symptom Manage*, 2011, 41(6): 1073-1093.
- [27] NUNES L, QUINTANILHA L, PERINETTI G, et al. Effect of orthodontic force on expression levels of ten cytokines in gingival crevicular fluid[J]. *Arch Oral Biol*, 2017, 76: 70-75.
- [28] LUPPANAPORNLARPS, KAJI T S, SURARIT R, et al. Interleukin-1beta levels, pain intensity, and tooth movement using two different magnitudes of continuous orthodontic force[J]. *Eur J Orthod*, 2010, 32(5): 596-601.
- [29] ERDINÇ A M, DINÇER B. Perception of pain during orthodontic treatment with fixed appliances[J]. *Eur J Orthod*, 2004, 26(1): 79-85.
- [30] BHASIN V, SINGH M, GOUTAM M, et al. Comparative evaluation of myeloperoxidase enzymatic activity in gingival crevicular fluid of subjects having orthodontic treatment by different aligning arch wires[J]. *J Contemp Dent Pract*, 2017, 18(10): 977-980.